



Ján Košturiak / Milan Gregor

# Simulation von Produktionssystemen

Springer-Verlag Wien New York

Univ.-Doz. Dr. Ing. Ján Košturiak  
Univ.-Doz. Dr. Ing. Milan Gregor  
Institut für Industrie Engineering  
Technische Universität, Žilina, Slowakei

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 1995 Springer-Verlag/Wien

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage der Autoren

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier – TCF

Mit 110 Abbildungen

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Košturiak, Ján:**

Simulation von Produktionssystemen / J. Košturiak und M.

Gregor. – Wien ; New York : Springer, 1995

ISBN-13:978-3-211-82701-7

e-ISBN-13:978-3-7091-9413-3

DOI: 10.1007/978-3-7091-9413-3

NE: Gregor, Milan:

ISBN-13:978-3-211-82701-7

*Das Leben ist ein permanenter Problemlösungsprozeß. Komplexe Strukturen können nur allmählich geschaffen und geändert werden, durch einen Rückkopplungsprozeß, der von Kritik getragen ist und in dem laufende Anpassungen stattfinden. Die Vorstellung, daß sich solche Strukturen auf einen Schlag, wie nach Plan, schaffen und umbauen lassen, ist und bleibt eine Illusion. Diese evolutionäre Sicht führt zwangsläufig dazu, daß man die Entwicklungen im Zeitablauf verfolgt. Oft lassen sich Fehler erst durch kritische Prüfung der praktischen Ergebnisse von Maßnahmen (nicht schon durch die Prüfung der Maßnahmen selbst !) aufdecken. Denn jede Maßnahme hat auch unbeabsichtigte Konsequenzen.*

Karl Popper

# Vorwort

Viele Probleme, mit denen industrielle Unternehmen täglich kämpfen, die breite Palette der Simulationswerkzeuge und leistungsfähige und preisgünstige Computer bilden die Bedingungen für eine breitere Anwendung der Simulationstechnik. Häufig hört man folgende falsch gestellte Frage:

"Können wir uns die Simulationstechnik leisten?"

Die richtige Formulierung dieser Frage ist aber: "Wie lange können wir es uns leisten, auf die Simulation zu verzichten?"

Simulationstechnik ist ein Werkzeug, das im Unternehmen zu signifikanten Verbesserungen führen kann. Simulation zeigt, wo die Engpässe sind oder ob Investitionen in neue Technik die erwarteten Verbesserungen bringen. Der entscheidende Faktor für erfolgreiche Simulationsanwendung ist der Mensch, seine Erfahrungen und Kreativität. Der Anwender der Simulation muß die Methodik und das Instrument beherrschen und den Simulationsaufwand und -nutzen objektiv abschätzen.

Wir hoffen, daß dieses Buch zu breiteren Anwendungen der Simulationstechnik in der Industrie sowie auch zur Lehre der Grundlagen dieser Technik an den Universitäten und Hochschulen beiträgt.

Für die Unterstützung und Hilfe bei der Vorbereitung dieses Buches möchten wir uns bei den folgenden Personen und Organisationen bedanken:

- Dr. Harald Stadlbauer und Prof. Dr.-Ing. Gerfried Zeichen, INFA TU Wien
- Frau Silvia Schilgerius und Frau Petra Naschenweng, Springer-Verlag Wien
- Dr. Reinhard Becker und Dipl.-Ing. Peter Gangl, AESOP GmbH Stuttgart
- Prof. Bernd Lange und Dipl.-Ing. Walter Commerell, FH Ulm-Aussenstelle Geislingen
- Frau Doz. Dr.-Ing. Eva Slamková, Institut für Industrie Engineering, TH Žilina
- Frau Dr. Veronika Hrdliczka, Dr.-Ing. Peter Acél und Prof. Dr.-Ing. Fritz Huber, Betriebswissenschaftliches Institut der ETH Zürich
- Dr. Ing. MSc. Bernd Becker und Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Warnecke, Fraunhofer Institut IPA Stuttgart

Ján Košturiak, Milan Gregor  
Institut für Industrie Engineering, TH Žilina, Slowakei

# Inhalt

Einführung	1
1. Grundbegriffe und Definitionen	2
2. Systems Engineering und Simulation	9
3. Theoretische Grundlagen der Simulation	24
3.1. Grundgesamtheit und Stichprobe	24
3.2. Zufallsvariable und Verteilungsfunktion	28
3.3. Wichtige Wahrscheinlichkeitsverteilungen	30
3.4. Statistische Prüf- und Schätzmethoden	45
3.5. Warteschlangensysteme	47
3.6. Praxisbeispiel	53
4. Anwendung der Simulationstechnik	59
4.1. Anwendungsgebiete der Simulationstechnik	59
4.2. Hauptprobleme der Simulationsanwendung	64
4.3. Vorteile, Nachteile und Grenzen der Simulationstechnik	67
5. Simulation von Produktionssystemen	71
5.1. Ein Produktionssystem als Objekt der Modellierung	71
5.1.1. Dynamische Modellelemente	72
5.1.2. Stationäre Modellelemente	75
5.1.3. Schnittstellelemente	81
5.1.4. Integrationseffekte in Produktionssystemen	81
5.2. Analyse und Planung von Produktionssystemen mit Hilfe der Simulation	87
5.3. Simulation als Instrument für die Produktionsplanung und -steuerung	94
6. Hauptschritte einer Simulationsstudie	104
6.1. Situationsanalyse und Zielsetzungen	107
6.2. Datenerhebung und -aufbereitung	110
6.3. Modellbildung	119

6.4. Simulationsexperimente	123
6.5. Ergebnisanalyse und Ergebnisübertragung	130
6.6. Praxisbeispiel	137
6.6.1. Problemerstellung und Zielformulierung	139
6.6.2. Datenerhebung und - aufbereitung	141
6.6.3. Modellerstellung	143
6.6.4. Simulationsexperimente	144
6.6.5. Ergebnisauswertung und -interpretation	147
7. Simulationswerkzeuge	148
7.1. Entwicklung von Simulationssystemen	148
7.2. Auswahl eines Simulationswerkzeuges	160
7.3. Marktübersicht der Software für Simulation von Produktionssystemen	166
Literatur	181
Sachverzeichnis	188